

Opinnäytetyö (AMK)

Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Röntgenhoitaja

2013

Antti Haste

ULKOISTEN KONTAKTISUOJAINTEN VAIKUTUS KIVESTEN SÄTEILYANNOKSEEN TIETOKONETOMOGRAFIASSA

– Järjestelmällinen katsaus



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Haste

ULKOISTEN KONTAKTISUOJAIN TEN VAIKUTUS KIVESTEN SÄTEILYANNOKSEEN TIETOKONETOMOGRAFIASSA

Opinnäytetyössä selvitettiin ulkoisen suojauksen vaikutusta kivesten säteilyannokseen tietokonetomografiassa. Aineistona olivat aihetta koskevat 2000-luvulla tehdyt tutkimukset. Tavoitteena on kehittää röntgenhoitajien ammatillista osaamista ja tietämystä kontaktisuo- jien vaikutuksista kivesten suojauksessa.

Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus aloitettiin laatimalla suunnitelma työn toteuttamiseksi. Suunnitelman perusteella tehtiin koehaut valittuihin artikkelitietokantoihin ja muodostettiin hakustrategia. Haut kohdistettiin kahteen artikkelitietokantaan; Chinal ja MedLine. Hakusanoina olivat; gonadit, kivekset ja säteilysuojelu. Opinnäytetyöhön valittiin viisi artikkelia. Modaliteettina näissä oli tietokonetomografia, koska näissä tutkimuksen kohteena nimenomaan sädesuojauksen vaikutukset kivesten säteilyannokseen.

Opinnäytetyön tulokset osoittavat suojauksen hyödyn sädeannoksen laskemisessa. Kaikissa tutkimuksissa suojaus laski sädeannosta merkittävästi. Tutkimuksissa suojaus oli toteutettu erilaisin essuin ja kivessuojin. Opinnäytetyön tuloksia voidaan käyttää perusteena kivesten suojaukseen ja apuna suojauksen kehittämisessä tietokonetomografiassa .

ASIASANAT:

Kivekset, säteily, säteilyannokset, säteilysuojelu, tietokonetomografia

Antti Haste

THE EFFECT OF SHIELDING ON TESTICAL RADIATION DOSE IN COMPUTED TOMOGRAPHY

The thesis looks into the effects of shielding on testical radiation dose in computed tomography. The information was gathered by a systematic literature review on the study done in the 21 st century. The objective was to improve radiographers' professional know-how and knowledge on the effects of gonadal protection.

The systematic literature review was started by creating a plan for the execution of the thesis. Based on the plan, test searches were made into the chosen article databases and a search strategy was formed. The searches were focused on two article databases; Chinal and MedLine. The search terms were; gonads, testicals and radiation protection. Five articles were chozen. The modality was computed tomography, because in these the study was done precisely on the effects of radiation protection on gonadal dose.

The output of this thesis shows the benefit of shielding in reducing the radiation dose. The reduction of the radiation dose was found significant in all of the studies. The shielding was done with gonadal shields and other protective equipment. The results of this thesis can be used as the foundation for the radiation protection of gonads and the improvement of radiation protection.

KEYWORDS:

Computed tomography, radiation, radiation dose, radiation protection, testicles.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET / SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 TIETOKONETOMOGRFIA	8
3 SÄTEILYALTISTUS	10
4 POTILASANNOKSET	13
5 SÄTEILYALTISTUKSEN OPTIMOINTI	15
6 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	19
7 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	19
7.1 Aineiston haku	20
7.2 Aineiston valinta	21
7.3 Aineisto	22
7.4 Gonadien suojauksen toteutus	22
8 TULOKSET	24
8.1 Suojauksen vaikutus sädeannokseen	24
8.2 Suojauksen vaikutus informaatioon	25
8.3 Annosmittausten suoritus analysoitavissa tutkimuksissa	26
9 LUOTETTAVUUS JA EETTISYYS	28
10 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
LÄHTEET	31

KUVAT

Kuva 1. Mavigin® kivessuoja.	18
Kuva 2. DR Goos-Supreman® kivessuoja.	18

TAULUKOT

Taulukko 1. Yleisimmät TT-tutkimukset 2008.	9
Taulukko 2. Efektiivisen annoksen muuntokertoimia.	14
Taulukko 3. TT-tutkimusten efektiivisiä sädeannoksia.	14
Taulukko 4. MedLine- artikkelitietokannan hakuehdot.	20
Taulukko 5. Chinal- artikkelitietokannan hakuehdot.	20
Taulukko 6. Tutkimusartikkelit.	21

KÄYTETYT LYHENTEET / SANASTO

Absorboitunut annos	Säteilyannossuure, jolla ilmaistaan kuinka suuren energiamäärän säteily on jättänyt kohdeaineeseen massayksikköä kohti. Yksikkö on gray (Gy). $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. (Säteilyturvakeskus 2011a)
Efektiivinen annos	Säteilyannossuure, jolla kuvataan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Yksikkö on sievert (Sv). (Säteilyturvakeskus 2011a)
Ekvivalentti annos	Säteilyannossuure, jolla kuvataan säteilyn tietylle elimelle tai kudokselle aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Ekvivalentti annos ei ole fysikaalisesti mitattavissa, vaan se lasketaan absorboituneesta annoksesta siten, että huomioidaan annoksen aiheuttaneen säteilylajin kyky aiheuttaa haittaa. Yksikkö on sievert (Sv). (Säteilyturvakeskus 2011a)
CTDI	Computed Tomography Dose Index, TT-annos indeksi. (Säteilyturvakeskus 2007a)
DLP	Dose Length Product, annoksen ja pituuden tulo. (Säteilyturvakeskus 2007a)
MSAD	Multiple Scan Average Dose, TT-annoksen tilavuuskeskiarvo. (Säteilyturvakeskus 2007a)
Sievert	Säteilyannoksen yksikkö, jolla ilmaistaan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa (Säteilyturvakeskus 2009a).
Ventraalinen	Vatsanpuoleinen. (Duodecim 2013)
Dorsaalinen	Selänpuoleinen. (Duodecim 2013)

1 JOHDANTO

Säteilyä esiintyy osana elinympäristöämme, joten sen vaikutukset ovat läsnä jokapäiväisessä elämässä. Luonnon säteilyn lisäksi väestöön kohdistuvaa säteilyaltistusta aiheuttavat mm. ydinenergian sekä radionuklidien tuotanto ja käyttö. Säteily luokitellaan joko ionisoivaksi tai ionisoimattomaksi. Ionisoivaa säteilyä voidaan tuottaa terveydenhuollossa käytettävillä röntgenlaitteilla. (Tapiovaara ym. 2004, 19; Jurvelin 2005, 15; Säteilyturvakeskus 2007b)

Vuonna 2008 Suomessa tilastoitiin noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta. Tietokonetomografiatutkimusten (TT-tutkimusten) osuus kaikista radiologisista tutkimuksista oli vain 8 %, mutta osuus koko väestön kollektiivisesta sädeannoksesta oli 58%. Säteilyn vaikutukselle alttiille DNA:lle ei ole olemassa pientä säteilyannosta, joten mikään säteilyannos ei ole täysin vaaratonta. Vain nolla-annos johtaa nollariskiin (Paile 2005, 80). Tämän vuoksi säteilyltä suojaaminen erityisesti TT-tutkimusten yhteydessä on aina tärkeää. (Curtis 2010, Säteilyturvakeskus 2011b)

Säteily ja sen vaikutukset liittyvät olennaisena osana röntgenhoitajan ammattiin. Hoitavan lääkärin päätettyä potilaan altistamisesta säteilylle, on röntgenhenkilökunnan vastuulla potilaan säteilysuojelu mm. potilassuojainten järkevällä käytöllä. Röntgenhoitajan asiantuntemus röntgentutkimuksista ja säteilysuojelusta auttaa häntä toiminnassaan rajaamaan potilaalle aiheutuvan säteilyannoksen niin pieneksi kuin mahdollista. (Säteilyturvakeskus 2009b, Suomen Röntgenhoitajaliitto 2000)

Tässä opinnäytetyössä selvitetään sädesuojien käytön vaikutusta kivesten säteilyannokseen TT-tutkimusten yhteydessä. Opinnäytetyö toteutettiin järjestelmällisenä kirjallisuuskatsauksena ja haut kohdistettiin kahteen artikkelitietokantaan.

2 TIETOKONETOMOGRAFIA

Radiologisilla kuvantamismenetelmillä on keskeinen osa tämän päivän kliinisessä diagnostiikassa ja hoitojen seurannassa. Tietokonetomografia on röntgensätein toteutettu lääketieteellinen kuvausmenetelmä. Varsinkin vaikeasti vammautuneille onnettomuuspotilaille tehty tietokonetomografiatutkimus paljastaa välittömästi henkeä uhkaavat vammat. Usein kuvausindikaationa on myös erilaiset tuumoriepäilyt (Jartti ym. 2012). (Ahvenjärvi 2011, 286)

Tietokonetomografian monileikelaitteiden historia on alkanut vuonna 1991 ilmestyneistä 2-leikelaitteista jatkuen vuonna 2004 ilmestyneisiin 64-leikelaitteisiin. Laitemäärä on viime vuosina pysynyt jokseenkin samana ollen vuonna 2008 73 kappaletta ja vuonna 2011 70 kappaletta. Laitekannan uusiutuminen on kuitenkin johtanut laitteiden leikemäärien kasvuun. Eniten on 64-leikkeisiä TT-laitteita, 34 kappaletta. (Säteilyturvakeskus 2011c)

Säteilyturvakeskuksen julkaisussa *Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät 2008* kerrotaan tietokonetomografiatutkimusten määräksi 325 163. Näin ollen niiden osuus kaikista radiologisista tutkimuksista (yli 3,9 miljoonaa) on 8,3 %. Julkaisussa on tilastoitu kymmenen yleisintä tietokonetomografiatutkimusta ja ne on esitelty taulukossa 1. (Säteilyturvakeskus 2010a)

Vuonna 2008 TT-tutkimusten osuuden ollessa 8,3 % kaikista radiologisista tutkimuksista oli niiden osuus väestön kollektiivisesta annoksesta 58 %. Edellinen tilasto on vuodelta 2005, jolloin lukema oli 50 %. Tämä muutos on seurausta siitä, että TT-tutkimusten määrä on kasvanut 23 %. Vuodesta 2000 vuoteen 2005 tutkimusmäärät kasvoivat 30 % (Säteilyturvakeskus 2007a). TT-tutkimukset ovat yleistyneet kaikissa Pohjoismaissa viimeisen 20 vuoden aikana. Tämä on saanut pohjoismaiset säteilyturvaviranomaiset huolestumaan TT-tutkimusten aiheuttaessa huomattavan paljon suurempia sädeannoksia verrattuna perinteiseen röntgenkuvantamiseen. (Säteilyturvakeskus 2011b, Säteilyturvakeskus 2012b)

Taulukko 1. Yleisimmät TT-tutkimukset 2008. (Säteilyturvakeskus 2010a)

Tutkimusnimike	Lukumäärä 2008 [kpl]	Muutos 2005-2008 [%]	Suhteellinen osuus [%]	1000 asukasta kohti
Pään TT	112 376	10,2	34,6	20,6
Vartalon laaja TT	26 509	55,3	8,2	4,9
Vatsan varjoaine TT	20 622	45,1	6,3	3,8
Thoraxin TT	11 786	281	3,6	2,2
Thoraxin laaja TT	11 281	6,9	3,5	2,1
Pään laaja TT	9 605	-3,0	3,0	1,8
Nenän sivuonteloi- den ja kasvojen TT	8 984	2,5	2,8	1,6
Keuhkovaltimoiden laaja TT-angio	8 299	26,0	2,6	1,5
Lannerangan ja ristiluun TT	6 943	-22,2	2,1	1,3
Vatsan er. laaja TT	6 144	-14,2	1,9	1,1

3 SÄTEILYALTISTUS

Radiologisia tutkimuksia käytetään potilaan terveydentilan selvittämiseen. Tutkimusta ei voida kuitenkaan suorittaa ylettömän pienellä säteilyaltistuksella, sillä sen seurauksena kuvan antama informaatio on fysikaalisista syistä johtuen olematonta ja tästä syystä sen laatu on diagnostisesti heikko. Tämän vuoksi annosta pienennettäessä tulee samalla huolehtia kuvien riittävästä laadusta. Vaikka kuvasta saatavan informaation määrää kasvaa kuvan laadun parantuessa, saavutetaan lopulta piste, jonka jälkeen diagnostinen tarkkuus ei lisäännä, vaikka kuvanlaatua pystyttäisiinkin vielä parantamaan. Kuvanlaadun parantaminen johtaa potilaan suurempaan säteilyannokseen ja siksi potilaan annoksen lisäys kyseisen pisteen jälkeen on tarpeetonta. Annoksen suuri koko ei sinänsä ole tae hyvästä kuvanlaadusta, vaan annoksen optimointiin vaikuttaa olennaisesti menetelmien ja laitteiden annosefektiivisyys. Säteilyannoksen ja laitteiden avulla saavutetun fysikaalisen kuvanlaadun lisäksi tutkimuksen diagnostiseen tarkkuuteen vaikuttavat potilaiden anatomiset erot, kuvassa esiintyvien taudin tuntomerkkien variaatio, kuvan lausujan ammattitaito ja kokemus sekä potilaasta ennakkoon saatavilla oleva informaatio. (Tapiovaara ym. 2004, 77-79)

Kuvantamisessa esiintyy aina jossakin muodossa kuvauskohteen materiaalin, esimerkiksi biologisen kudoksen ja energian vuorovaikutus. Röntgensäteily on korkeaenergistä säteilyä, josta osa kuvauskohteen läpäistessään on sen kanssa vuorovaikutuksessa ja absorboituu tai siroaa johtaen säteilyn intensiteetin vaimenemiseen. Kudosten ominaisuus absorboida säteilyä eritavalla luo kuvaan kontrastin. Tähän absorbtion määrään vaikuttaa kudoksen paksuus ja lineaarinen vaimennuskerroin. Näistä väliaineen ominaisuuksista ja säteilyn energiasta riippuvat sen fysikaaliset vaikutukset. Tämä säteilyn ja väliaineen atomien vuorovaikutus muodostaa pohjan röntgensäteilyn käytölle ja sen keskeiselle merkitykselle lääketieteellisessä kuvantamisessa. (Jurvelin 2005, 11-13, 15-16)

Röntgensäteilyn vaikutuksia on vaikea huomata, sillä ne eivät ole aistein havaittavissa. Solujen perimäaine, DNA, voi vahingoittua elävissä soluissa tapahtuvassa ionisaatiossa. Tämän tapahtuman pahimpana seurauksena on syöpä tai muu terveyshaitta. (Säteilyturvakeskus 2010b)

Tarkasteltaessa säteilyn käytön vaikutuksia jaetaan ne kahteen ryhmään: deterministisiin ja stokastisiin. Deterministiset eli suorat vaikutukset ovat seurausta laajasta solutuhosta. Stokastiset eli satunnaiset vaikutukset ovat puolestaan seurausta yhdessä ainoassa jakautumiskykyisessä solussa tapahtuneesta perimän muutoksesta. (Paile 2005, 78)

Stokastisten haittojen arviointi tapahtuu ilman kynnysarvoa lineaarisen mallin mukaan. Lineaarisen mallin perusteella suuruudeltaan samankokoiset lisäännokset lisäävät riskiä yhtä paljon eli säteilystä aiheutuvan haitan todennäköisyys kasvaa. Kokonaisriski määräytyy elinkaaren aikana keräytyneestä kumulatiivisesta annoksesta (Paile 2002a, 45). Stokastisten haittojen esiintyminen näkyy tilastollisena nousuna pitkällä aikavälillä havainnoituna ja niin pienet, kuin suuretkin annokset voivat aiheuttaa stokastisia vaikutuksia. (Havukainen ym. 2007, 12)

DNA eli solun perimä on stokastisten haittojen merkittävin kohde (Servomaa & Rytömaa 1997, 40). Näiden biologisten haittavaikutusten, kuten solun mutaatio tai kuolema, karsinogeneesi tai periytyvä haitta, keskeisenä syynä pidetään DNA-molekyylin vaurioita (Servomaa & Rytömaa 1997, 43).

Kemiallisen sidoksen, DNA-molekyylin, katkaisemiseksi riittää ionisoivan säteilyn fotoni tai hiukkanen (Paile 2005, 80). Tästä johtuvia mutaatioita on pienistä yhden geenin pistemutaatioista suuriin useita geenejä sisältäviin muutoksiin (Mustonen & Salo 2002, 35), kuten emäsparien katoaminen tai lisääntyminen sekä emäsjärjestyksen muuttuminen (Servomaa & Rytömaa 1997, 43). Säteily ei suinkaan aiheuta uusia mutaatioita vaan lisää spontaanistikin syntyvien mutaatioiden esiintyvyyttä (Servomaa & Rytömaa 1997, 55). Vaurioiden määrään vaikuttaa säteilyannos, sekä säteilyn laji (Servomaa & Rytömaa 1997, 43).

Tällaisen kriittisen perimämuutoksen läpikäynyt solu luo jakautuessaan solukloonin, joka aikanaan saattaa kehittyä hyvän- tai pahanlaatuiseksi kasvaimeksi. Muutoksen sijaitessa sukusolussa saattaa siitä aiheutua geneettisiä haittoja tuleville sukupolville (Paile 2005, 80). Mutaatio on jälkeläisen jokaisessa solussa ja saattaa siirtyä edelleen heidän jälkeläisilleen (Servomaa & Rytömaa 1997, 54). Periytymisen todennäköisyyteen vaikuttaa se missä vaiheessa sukusolun kypsymistä mutaatio on kehittynyt (Servomaa & Rytömaa 1997, 55). Geenivirheet, jotka muodostavat peittyvästi periytyviä sairauksia, eivät ole harvinaisia. Jokaisen ihmisen on arvioitu kantavan 5-10 tällaista geenivirhettä. (Salomaa 2002, 126)

Koska säteilyn ja aineen vuorovaikutukset ovat satunnaisia, on tietyn vaurion syntyminen solun perimään myös sattumanvaraista (Tapiovaara ym. 2004, 27). DNA:ssa tapahtuneen mutaation biologiseen merkitykseen vaikuttavat vaurion tyyppi, sen sijainti ja korjauksen tehokkuus sekä sen virheettömyys (Mustonen & Salo 37).

Suurin osa katkoksista korjaantuu, mutta korjauksella on aina mahdollisuus epäonnistua. Siksi vaikutukselle alttiille DNA:lle ei ole olemassa pientä säteilyannosta, eikä täten täysin vaaratontakaan säteilyannosta. Pieni säteilyannos merkitsee vain DNA:n saamien osumien olevan harvassa ja siksi todennäköisyys kriittisen vaurion syntymiselle on pieni (Servomaa & Rytömaa 1997, 42). Vain nolla-annos johtaa nollariskiin. (Paile 2005, 80)

4 POTILASANNOKSET

Absorboitunut annos kuvaa säteilyn kohdeaineeseen jättämää energiaa massayksikköä kohti. Tämän annossuureen yksikkönä on gray. Kun absorboituneen annoksen lisäksi huomioidaan säteilylaji, saadaan laskettua ekvivalentti annos. Tämä kuvaa tietylle kudokselle tai elimelle aiheutettua terveydellistä haittaa ja sen yksikkönä on sievert. Summaamalla kuvausalueen kohteiden (elin / kudokset) ekvivalenttiannokset ja samalla huomioiden niiden sädeherkkyys, saadaan laskettua efektiivinen annos, joka kuvaa säteilyllä aiheutettua kokonaishaittaa. Tämänkin annossuureen yksikkönä on sievert. (Säteilyturvakeskus 2010b)

Röntgenputkella tuotetun röntgensäteilyn ihmiseen kohdistamia haitallisia vaikutuksia kuvataan säteilyannoksella ja silloin tarkoitetaan efektiivistä annosta, ellei asiayhteys muuta osoita. Säteilylähteen sijaitessa kehon ulkopuolella, puhutaan ulkoisesta säteilyannoksesta. Ihmisen tietyssä ajassa saaman säteilyannoksen suuruuden ilmaisee annosnopeus. Näin voidaan kuvata tietyn säteilylähteen vaarallisuutta kohteelle. Suuri annosnopeus merkitsee suurta annosta lyhyessäkin ajassa. (Säteilyturvakeskus 2010b)

TT-tutkimuksissa käytetään kolmea annossuuretta; MSAD, CTDI ja DLP. MSAD on TT-tutkimuksen tilavuuskeskiarvo, joka kuvaa keskimääräistä potilaaseen absorboitunutta annosta kuvatulla alueella. Laitestandardissa tälle käytetään merkintää $CTDI_{vol}$. DLP on annoksen ja kuvausalueen pituuden tulo. Se kertoo potilaan kokonaisannoksen laskemalla yhteen kuvaussarjojen annokset. Käytössä olevissa TT-laitteissa tulisi olla IEC:n (International Electrotechnical Commission) standardin (IEC 2001) mukainen näyttö tutkimuksesta aiheutuneelle DLP-arvolle. (Säteilyturvakeskus 2006, Säteilyturvakeskus 2007a, Jartti ym. 2012)

Potilaalle tutkimuksesta aiheutunut efektiivinen annos vastaa säteilyn aiheuttamaa riskiä. Efektiivistä annosta käytetään vertailtaessa TT:n ja muiden

kuvantamismenetelmien riskejä keskenään. Karkea arvio efektiivisestä annoksesta saadaan kertomalla DLP muuntokertoimella (k). Nämä muuntokertoimet on taulukoitu tutkimuksen mukaan. Taulukossa 2 esitetyt kertoimet ovat aikuisille. Lapsille ovat omat kertoimensa. (Jartti ym. 2012)

Taulukko 2. Efektiivisen annoksen muuntokertoimia. (Jartti ym. 2012)

Tutkimus	k [mSv/mGycm]
Pään alue	0,0023
Kaulan alue	0,0054
Keuhkojen alue	0,017
Vatsan alue	0,015
Lantion alue	0,019

Taulukossa 3 on esitetty TT-tutkimuksista aiheutuvia efektiivisiä annoksia. Vertailuksi voidaan mainita lentokoneessa työskentelevän henkilön kosmisesta säteilystä vuoden aikana saama säteilyannos 2 mSv (Säteilyturvakeskus 2012a).

Taulukko 3. TT-tutkimusten efektiivisiä sädeannoksia. (Säteilyturvakeskus 2012a)

Tutkimus	Efektiivinen annos (mSv)	Annosvastaavuus PA-keuhkokuvina (kpl)	Annosvastaavuus altistumisena taustasäteilylle
Pää	2	70	8 kuukautta
Keuhkot	9	300	3 vuotta
Lanneranka	9	300	3 vuotta
Vatsa	12	400	4 vuotta

5 SÄTEILYALTISTUKSEN OPTIMOINTI

Säteilysuojelun ensisijainen pyrkimys on suojella ihmisen terveyttä (Havukainen ym. 2007, 12). Vaatimuksena säteilyn käytölle ja muulle säteilyaltistusta aiheuttavalle toiminnalle on oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaatteiden täyttyminen. Oikeutusperiaatteella saavutettavan hyödyn tulee olla suurempi kuin aiheutettu haitta. Optimointiperiaatteen mukaan tulee terveydelle aiheutuva haitallinen säteilyaltistus pitää niin alhaisena kuin mahdollista. (Säteilylaki 592/1991, muutos 1142/1998)

Kun tutkimus on todettu oikeutetuksi, valitaan kuvausparametrit. Näihin vaikuttavat potilaan tutkimusindikaatio, ikä, koko ja kuvattava alue. Potilaan huolellinen asettelu puolestaan ehkäisee kohinan nousua, mikä voisi johtaa automaattisella putkivirran moduloinnilla jopa putkivirran kaksinkertaistumiseen. (Jartti ym. 2012)

Helikaalikuvauksissa esiintyvää säteilytystä yli kuvausalueen saadaan laskettua adaptiivisella kollimaatiolla. Uusimmissa laitteissa tämä on toteutettu ilmaisimen asteittaisella avautumisella ja sulkeutumisella tutkimuksen aikana. (Jartti ym. 2012)

Käytössä on myös iteratiivinen rekonstruktio, jolla voidaan vähentää kohinaa parantaen kuvanlaatua, laskea sädeannosta tai vaikuttaa molempiin. Vatsan alueen kuvauksissa sädeannoksen lasku saattaa olla jopa 65 % ilman vaikutusta kuvanlaatuun. (Jartti ym. 2012)

Edellä kuvattujen keinojen lisäksi potilaan säteilyannosta voidaan tietokonetomografiassa laskea käyttämällä ainakin nuoremmilla potilailla kontaktisuoja vatsanalueen kuvauksissa. Lyijyiset suojaimet tulisi asetella kuvausalueen ulkopuolelle kiinni kuvausalueen reunaan. Kuvausalueella käytetään vismuttisuoja rintojen, kilpirauhasen ja silmien suojaamiseen niiden sijaitessa kuvausalueella. Näiden käyttösuositukset tulee kuitenkin varmistaa

laitevalmistajalta. Lisäksi optimoinnissa voidaan hyödyntää laiteominaisuuksia. (Jartti ym. 2012)

Miesten sukurauhaset eli kivekset kuuluvat säteilylle kaikkein herkimpiin elimiin. Miehillä siittiösolut vähenevät jo 150 milligrayn äkillisestä annoksesta. Kuukausia tai vuosia kestäväään steriliteettiin johtaa parin grayn annos ja annoksen ylittäessä kuusi-seitsemän graytä on seurauksena yleensä pysyvä steriliteetti. (Paile, W. 2002a, 59)

Säteilystä seuranneen tilapäisen steriliteetin jälkeen saatu lapsi on todennäköisesti terve. Tällaisia tapauksia on raportoitu useita lääketieteessä, koskien niin miehiä kuin naisiakin. Annos on saattanut olla jopa yli kuusi graytä ja yhdessäkään julkaistussa tapauksessa lapsella ei ole havaittu epämuodostumia. Säteilyvaurion seurauksena suku solu ei kelpaa hedelmöitykseen, joten raskaus jää kokonaan alkamatta tai keskeytyy ennen sen huomaamista. Tällaiset epäonnistuneet hedelmöitystuotteet karsiutuvat tehokkaasti luonnon toimesta (Paile, W. 2002b, 133). Vaikka riski perinnölliseen haittaan on olemassa, kannattaa raskauden jatkuminen sallia, sillä sen riski on aina pieni suhteessa muihin raskauteen liittyviin riskeihin. (Paile, W. 2002a, 59-60; Paile, W. 2002b 133)

Säteilysuojelun periaatteena on pitää sädealtistus niin pienenä kuin käytännöllisesti mahdollista (Säteilyturvakeskus 2009f). Säteilyltä suojaaminen voidaan tehdä kolmella tavalla, ympäristössä, säteilylähteen kohdalla tai yksilön kohdalla. Tehokkain näistä on lähdekohtainen suojelu, silloin kuin se on mahdollista toteuttaa. Sen vaikutus kohdistuu kaikkiin altistusteihin ja suojaus kohdistuu kaikkiin säteilylähteen vaikutusalueella oleviin yksilöihin. (Paile, W. 2002c, 158; Säteilyturvakeskus 2009c)

Nykypäivän röntgenlaitteiden tehokkaiden ja tarkkojen kaihtimien ansiosta tarve säteilykeilan ulkopuolella sijaitsevien alueiden suojaukseen lyijykumisuojoilla on harvinaista. Kuitenkin haluttaessa suojata säteilyherkkiä elimiä tai sikiötä potilaassa siroavalta säteilyltä, voi tällaisesta suojauksesta olla hyötyä. Suurin

osa sironneesta säteilystä tulee röntgenputken puolella olevista säteilykeilassa sijaitsevista kehon pintaosista. (Tapiovaara ym. 2004, 151)

Suurin säteilysuojelullinen hyöty saavutetaan suojaamalla erityisesti sädeherkkiä kudoksia tai elimiä, kuten sukurauhasia. Sukurauhaset tulisi suojata lapsilla ja suvunjatkamisiässä olevilla aikuisilla alavatsan ja lantionalueen tutkimuksissa, kun se ei kohtuuttomasti haittaa tutkimusta (Säteilyturvakeskus 2009d). Yleisohjeen mukaan sukurauhasten suojauksesta on hyötyä niiden sijaitessa primaarissa säteilykeilassa. Miesten gonadien osuessa säteilykeilaan, voidaan niiden annosta vähentää jopa 95 prosenttia käyttämällä tarkoitukseen kehitettyjä kivesten ympärille sulkeutuvia suojaimia, jotka suojaavat myös sironneelta säteilyltä. Kivessuojainten käytön tulisi sisältyä rutiinisti tutkimukseen (Säteilyturvakeskus 2009d). TT-tutkimusten yleistyessä kasvaa niiden merkitys säteilysuojelun kannalta, koska yksittäisen TT-tutkimuksen säderasitus on moninkertainen suhteutettuna perinteiseen röntgentutkimukseen (Tenkanen-Rautakoski, 13). Kivessuojan käyttö varsinkin pienillä pojilla on kuitenkin hankalaa kivesten saattaessa refleksimäisesti vetäytyä kivespussista. Ulkoisten potilassuojainten käytöstä huolehtii röntgenin henkilökunta (Säteilyturvakeskus 2009b). (Säteilyturvakeskus 2009e; Tapiovaara ym. 2004, 151)

Nimenomaisesti kivesten suojaukseen on kaupallisesti saatavilla kahta erilaista suojainta. Toinen on Mavig®-kivessuoja, joka on niin sanottu kukkaromalli ja toisena on DR. Goos-Supreman® gonadisuoja, joka muotoillaan tarroilla sopivaksi suojaavaksi ”taskuksi”. Suojat on esitelty kuvissa 1 ja 2.



Kuva 1. Mavigin® kivessuoja.



Kuva 2. DR Goos-Supreman® kivessuoja.

6 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää radiografiatyön turvallisuutta. Tarkoituksena on selvittää miten miespotilaiden tietokonetomografiatutkimuksen yhteydessä saamaa säderasitusta voidaan laskea ulkoisilla sädesuojilla. Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen avulla etsittiin aikaisempaa julkaistua tietoa sädesuojien käytöstä potilaiden gonadien suojauksessa tietokonetomografiatutkimuksissa. Kerätystä tiedosta selvitettiin vastaukset tutkimusongelmiin.

Tutkimusongelmat ovat:

1. Mikä on gonadien suojauksen vaikutus niiden tietokonetomografiatutkimuksessa saamaan sädeannokseen?
2. Mikä on gonadien suojauksen vaikutus tietokonetomografiatutkimuksesta saatavaan informaatioon?
3. Miten gonadien annosmittaukset on suoritettu?

7 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyö toteutettiin tieteellisiin julkaisuihin kohdittavana kirjallisuuskatsauksena. Tieteellisen tiedon tunnusmerkinä on sen julkisuus ja kirjallisuuskatsaus on rajatulta alueelta koottua tietoa, jolla pyritään vastaamaan johonkin tutkimusongelmaan (Leino-Kilpi 2007, 2). Tarkoituksena on hahmottaa jokin valittu tutkimuskokonaisuus (Johansson 2007, 3). Kirjallisuuskatsauksen järjestelmällisyyttä kuvaa sen jako kolmeen vaiheeseen; suunnitteluun, toteutukseen ja raportointiin (Johansson 2007, 5). Aluksi määritettiin millaista

tietoa haetaan ja sen pohjalta valittiin hakutermit. Seuraavaksi suoritettiin käytettävien artikkelitietokantojen valinta ja tutustuttiin niiden oikeaan käyttöön. Aihealueeksi valittiin Sosiaali- ja terveysala, jota tarkennettiin Radiografia ja sädehoitoon. Tämän jälkeen määritettiin hakutermit ja aloitettiin tiedonhaun suunnittelu. Seuraavaksi suoritettiin tiedon haku. Tiedonhauk dokumentoitiin ja valittiin työhön sopivat artikkelit.

7.1 Aineiston haku

Opinnäytetyön aihetta käsitteleviä artikkeleita haettiin järjestelmällisellä haulla kahdesta eri artikkelitietokannasta, MedLine ja Chinal. Haku rajattiin vuodesta 2000 vuoteen 2012, kieleksi valittiin englanti ja tutkimuskohteeksi ihminen. Taulukossa 4 on esitetty MedLine-artikkelitietokannan hakulauseke. Chinal-artikkelitietokantaan kohdistettu hakulauseke on esitetty taulukossa 5. (Taulukot 4 ja 5)

Taulukko 4. MedLine- artikkelitietokannan hakuehdot.

BOOLEN OPERAATTORI	HAKUSANA	HAKUKENTTÄ
	gonad*	All Fields
OR	testes	All Fields
OR	testicular	All Fields
NOT	gonado*	All Fields
AND	radiation protection	MeSH

Viimeinen hakusana kohdistettiin otsikko- kenttään. MedLine-artikkelitietokantaan suoritettu haku antoi hakutulokseksi 58 artikkelia annetuilla hakuehdoilla ja –sanoilla.

Taulukko 5. Chinal- artikkelitietokannan hakuehdot.

BOOLEN OPERAATTORI	HAKUSANA	HAKUKENTTÄ
	gonad*	All text
NOT	gonado*	All text
OR	testes	All text
OR	testicular	All text
AND	radiation safety	MH Exact Subject

Chinal -artikkelitietokantaan suoritettulla haullla saatiin tulokseksi kaksi artikkelia. Tuloksista oli poissuljettu MedLine -artikkelitietokannasta saadut hakutulokset. Viimeinen hakusana kohdistettiin otsikko- kenttiin.

7.2 Aineiston valinta

Artikkeleista luettiin tiivistelmät ja niiden perusteella aineistoksi valittiin tietokonetomografiaan liittyvät artikkelit, jotka koskivat nimenomaan gonadien suojauksen vaikutusta sädeannokseen. Näin lopulliseksi aineiston kooksi muodostui viisi artikkelia, jotka on esitelty taulukossa 6. (Taulukko 6)

Taulukko 6. Tutkimusartikkelit.

Tutkimuksen tekijä/-t, vuosi, tutkimuksen tarkoitus	Kohde-ryhmä	Menetelmä	Keskeiset tutkimus-tulokset	Johtopäätökset
Iball ja Brettle, 2011. Mitata ja verrata suojaamalla saavutettavia annossäästöjä.	RANDO fantomi	Termoloiste dosimetri	Annoksen lasku 5% - 78%. Suurimmillaan 93%. Kivestena annos laski 72%. Efektiivinen annos laski 4 %.	Suojaamalla saavutetaan merkittävää annoksen laskua.
Ott ym., 2010. Määrittää suojauksen hyödyllisyys.	RANDO fantomi	Optinen loistedosimetri	Suojat olivat tehokkaita. Kivesten annos laski 77% - 95%.	Suojaus laskee potilaan sädeannosta.
Grobe ym., 2009. Suojauksen vaikutus linssin ja kivesten sädeannokseen.	51 mies-potilasta.	Termoloiste dosimetri	Kivesten sädeannos laski $96,2 \pm 1,7\%$ ja linssin $28,2 \pm 18,5\%$	Suojat osoittautuivat edullisiksi ja helppokäyttöisiksi, sekä tehokkaiksi.
Dauer ym., 2007. Määrittää gonadien sädeannoksen lasku suojilla ja sen vaikutus kuvanlaatuun.	Mittaukset tehtiin fantomilla.	Ionisaatio-kammio, Model 10x5-6, Radcal Corporation	Sironneen säteilyn annos laski 58% ja suoran 97%. Suorassa säteilyssä merkittäviä artefaktoja kuvaan.	Suorassa säteilyssä suojat eivät ole käyttökelpoisia artefaktoista johtuen. Sironneessa säteilyssä suojien asettelu hankalaa ja annoksen lasku pieni.
Hohl ym., 2005. Määrittää kivessuojan vaikutus sädeannokseen sironneessa säteilyssä.	66 mies-potilasta.	Termoloiste dosimetri	1mm:n lyijysuojalla kivesten annos laski 87%.	Suojaus laskee merkittävästi kivesten annosta ja niiden rutiinia käyttöä suositteluaan.

7.3 Aineisto

Aineiston artikkelit on julkaistu radiologiaa, säteilysuojauksen annosmittausta, ja kuvantamista käsittelevissä tieteellisissä julkaisuissa. Julkaisut ovat eurooppalaisia; Englanti, Itävalta ja Saksa, sekä yksi Yhdysvaltalainen. Kaikissa on julkaisukielenä englanti. Artikkeleista kolmessa on käytetty tutkimuskohteena fantomia ja kahdessa miespotilaita.

Opinnäytetyön aineistoksi valituksi tulleissa artikkeleissa Iball ja Brettle (2011) suorittivat rintakehän TT-tutkimus fantomille, kun Dauer ym. (2007) suorittivat fantomille vatsan- ja lantionalueen TT-tutkimukset. Ott ja Mini (2010) puolestaan suorittivat fantomille rintakehän, vatsan- ja lantionalueen sekä aivojen TT-tutkimuksen. Hohl ym. (2004) tekivät annosmittaukset tutkimukseen valituille potilaille suoritettuna vatsan- ja lantionalueen TT-tutkimuksen aikana. Groben ym. (2009) tutkimuksessa puolestaan koehenkilöinä olleille potilaille suoritettiin otsasta reiden puoliväliin ulottunut TT-tutkimus ilman suojausta ja varjoainetehosteinen TT-tutkimus suojauksen kanssa.

Tutkimusartikkeleissa selvitettiin suojauksen vaikutusta sironneesta säteilystä aiheutuneeseen ekvivalenttiannokseen. Dauerin ym. (2007) tutkimuksessa mitattiin absorboitunutta annosta. Grobe ym. (2009) ja Dauer ym. (2007) selvittivät lisäksi suojauksen vaikutuksia primaarissä sädekentässä. Iball ja Brettle (2011) sekä Ott ym. (2010) tarkastelivat lisäksi suojauksen vaikutuksia efektiiviseen annokseen. Kaikissa tutkimuksissa sädeannosten mittaukset tehtiin ilman suojausta ja suojauksen kanssa suojauksen vaikutuksen ja hyödyn määrittämiseksi.

7.4 Gonadien suojauksen toteutus

Aineistona olevissa tutkimusartikkeleissa gonadien suojaukseen oli käytetty lyijyisiä esiliinoja, erilaisia kivessuojia, sekä Iballin ja Brettlen (2011) käyttämää uudenlaista lyijykumisuoja. Lyijyisten esiliinojen koot vaihtelivat ja lyijyn vahvuus oli Iballin ja Brettlen (2011) tutkimuksessa 0,35 mm ja kaikissa Ottin ym. (2010) käyttämissä lyijyliinoissa 0,5 mm. Kivessuojien lyijyn vahvuus oli 1

mm ja näitä käytettiin kolmessa tutkimuksessa. Grobe ym. (2009) käyttivät Mavigin® suojaa mallia RP280M ja Dauer ym. (2007) käyttivät Tri. Goos-Supreman® kehittämää kivesten ympärille kiedottavaa suojaa. Hohl ym. (2005) käyttivät kuppimaista kivessuojaa, jonka on kehitellyt myös Tri. Goos-Suprema®. Käytetyt suojat on koottu taulukkoon 7. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Aineistossa käytetyt sädesuojat.

Tutkimus	Käytetyt suojat
Iball ja Brettle, 2011.	lyijyessu, lyijykumiessu
Ott ym., 2010.	lyijyessu, kivessuoja
Grobe ym., 2009.	Mavig® kivessuoja
Dauer ym., 2007.	Dr. Goos-Suprema® kivessuoja (pehmeä kietaisumalli)
Hohl ym., 2005.	Dr. Goos-Suprema® kivessuoja (kova kuppimalli)

Iballin ja Brettlen (2011) tutkimuksessa käytetty lyijykumisuoja antoi saman vahvuisen suojauksen, lyijyä 0,7 mm, kuin fantomin etu- ja takapuolelle asetellut lyijyliinat. Lyijykumisuojalla saavutettu suojaus oli 99 % siitä mitä saavutettiin lyijyliinoilla, mutta etuna oli tutkimuskohteen etupuolelle kohdistuvan painon pieneneminen. Lyijykumisuojalla painon vaihteluväli oli 1,6 – 2,4 kg, kun lyijyliina painoi 4,9 kg.

Kolmessa tutkimuksessa kivekset suojattiin sironneelta säteilyltä; Iball ja Brettel (2011), Ott ym. (2010) sekä Hohl ym. (2005). Grobe ym. (2009) tutkimuksessa kivekset suojattiin niiden sijaitessa suoraan kuvausalueella. Dauer ym. (2007) tutkimuksessa kiveksiä suojattiin niin sironneelta kuin suoralta säteilyltä.

8 TULOKSET

8.1 Suojauksen vaikutus sädeannokseen

Kaikissa artikkeleissa oli tutkittu suojauksen vaikutusta kivesten sädeannokseen. Muissa tutkimuksissa oli mitattu kivesten ekvivalenttiannosta, mutta Dauerin ym. tutkimuksessa oli mitattu kudokseen absorboitunutta annosta. Lisäksi Iballin ja Brettlen (2011) sekä Ottin ym. (2010) tutkimuksessa määritettiin suojauksen vaikutusta efektiiviseen annokseen.

Sironneen säteilyn osalta tutkimuksissa mitatut annossäästöt vaihtelivat Iballin ja Brettlen (2011) mittaamasta 72 % aina Ottin ym. (2010) mittaamaan 93 %. Hohlin ym. (2005) 87 % tuloksen sijoittuessa tähän välille.

Sironneen säteilyn annossäästöä mittasivat myös Dauer ym. (2007). Heidän ionikammiolla mittamansa tulokset olivat 42 % ja 58 % välillä. He tutkivat myös saavutettavaa annossäästöä kivesten ja suojauksen sijaitessa suoraan kuvausalueella. Nämä tulokset olivat 94 % - 97 %. Groben ym. (2009) dosimetreillä mittaamat annossäästöt suoraan kuvausalueelta olivat 94,5 % - 97,9 % ja korreloivat hyvin Dauerin ym. (2007) tulosten kanssa.

Iballin ja Brettlen (2011) tutkimuksessa kiveksille mitattu annossäästö oli 72 %. Ottin ym. (2010) tutkimuksessa annossäästö vaihteli 76 % ja 93 % välillä tehdystä TT-tutkimuksesta riippuen. Groben ym. (2009) tutkimuksessa kivesten annossäästö vaihteli 94,5 % ja 97,9 % välillä. Dauer ym. (2007) tutkimuksessa kivesten annossäästö sironneen säteilyn osalta vaihteli 42 % ja 58 % välillä, käytetyn suojan koosta riippuen. Lisäksi he tutkivat suoraan säteilykentässä olevien kivesten annossäästöä ja tulokset vaihtelivat 94 % ja 97 % välillä, käytetyn suojan koosta riippuen. Hohl ym. (2005) tutkimuksessa mitattu annossäästö oli 87 %. Lisäksi Iball ja Brettle (2011) sekä Ott ym. (2010) olivat määrittäneet mikä on suojauksen vaikutus efektiiviseen annokseen. Iballin ja

Brettlen (2011) tuloksena oli 4 % lasku annoksessa ja Ott ym. (2010) tutkimuksessa lasku vaihteli 3 % ja 5 % välillä tehdystä tutkimuksesta riippuen.

8.2 Suojauksen vaikutus informaatioon

Gonadien suojauksen mahdolliset vaikutukset tutkimuksesta saatavaan informaatioon on myös otettava huomioon. Asia oli otettu huomioon niin suoran kuin myös sironneen säteilyn osalta.

Analysoitavissa tutkimuksissa yhtä lukuun ottamatta (Ott ym. (2010)) oli tarkasteltu suojauksen vaikutusta tutkimuksesta saatavaan informaatioon. Groben ym. (2009) ja Dauerin ym. (2007) tutkimuksissa arvioitiin niin sironneen säteilyn, kuin myös suoran säteilyn vaikutuksia. Grobe ym. (2009) totesivat omassa tutkimuksessaan ettei suojan asettelua suoraan kuvausalueelle voida suositella siitä aiheutuvien artefaktien vuoksi, kun tutkimuksella halutaan diagnostista tietoa. Kivesten sijaitessa sironneen säteilyn alueella suojausta suositeltiin sillä saavutettavan merkittävän annoksen laskun vuoksi. Suoran säteilyn osalta Dauerin ym. (2007) havainnot olivat samat kuin Groben ym. (2009). Dauer ym. (2007) totesivat etteivät tutkimuksista saatavat kuvat ole käyttökelpoisia, niissä suojauksen seurauksena olevien artefaktien vuoksi. Sironneen säteilyn osalta heidän johtopäätöksensä olivat erilaiset kuin Groben ym. (2009). Dauer ym. (2007) totesivat suojauksella saatavan annossäästön pieneksi. Tämän vuoksi he eivät pitäneet perusteltuna niitä vaikeuksia joita suojoin asettelussa aiheutui. Artikkelissa ei kuitenkaan selvitetty miksi suojoin asettelu koettiin hankalaksi. Poikkeuksena he mainitsivat potilaat joiden voitiin odottaa joutuvan jatkossa useisiin TT-tutkimuksiin. Ott ym. (2010) eivät tutkimuksessaan huomioineet suojauksen vaikutuksia kuvista saatavaan informaatioon. Iball ja Brettle (2011) sekä Hohl ym. (2005) olivat perehtyneet vain sironneen säteilyn vaikutuksiin ja heidän tuloksensa olivat yhtenevät muiden tutkimusten kanssa.

8.3 Annosmittausten suoritus analysoitavissa tutkimuksissa

Iball ja Brettle (2011) tekivät mittauksia kolmella erilaisella testijärjestelyllä. Laitteena oli Siemensin 64-leikkeinen TT-laite ja kuvauskohteena RANDO-fantomi. Kuvausprotokollana käytettiin rintakehän TT-tutkimusta. Mittaukseen käytettiin fantomiin liitettyjä termoloistedosimetrejä ja jokaisen mittauksen jälkeen ne vaihdettiin uusiin. Mittaukset tehtiin ilman suojausta, lyijyliinon kanssa sekä käytössä olleella uudenaikaisella lyijykumisuojalla. Näin saaduista tuloksista laskettiin mittauspisteissä tapahtunut annoslasku sekä jokaisen fantomin osan keskimääräinen annoslasku. Interpoloimalla laskettiin mittauspisteiden väliset annokset ja saatiin kattavampi kolmiulotteinen annoskarta. Saatujen arvojen avulla laskettiin lisäksi elinten, luiden pinnan, luuytimen ja ihon absorboituneet annokset. Lopuksi laskettiin vielä koko kehon efektiiviset annokset.

Ott ym. (2010) käyttivät tutkimuksessaan kahta kuvauslaitetta; Siemensin 64-leikkeinen ja 16-leikkeinen TT-laite. Tutkimuskohteena oli RANDO-fantomi, jolle tehtiin rintakehän TT-tutkimus molemmilla laitteilla. Annosten mittaukseen käytettiin optisia loistedosimetrejä, jotka aseteltiin fantomilohkon keskelle ja neljälle ulkokehän pisteelle. Näistä kaksi oli ventraalisesti ja toiset kaksi dorsaalisesti. Kivesten annosten mittaamiseksi aseteltiin neljä dosimetriä reisien sisäpinnolle. Mittausten jälkeen laskettiin elinten annokset ja niiden avulla annossäästöt.

Grobe ym. (2009) tutkivat kivesten annossäästöä 51 miespuolisella potilaalla. Laitteena heillä oli Siemensin 16-leikkeinen PET-TT-laite. Potilaat kuvattiin otsasta reiden puoliväliin ja annosten mittauksiin käytettiin termoloistedosimetrejä. Dosimetrit aseteltiin siten, että yksi tuli kivespussin päälle ja yksi kummankin silmän päälle. Kuvauskertoja tuli kaksi jokaista potilasta kohden. Ensimmäinen ilman suojausta ja toinen suojauksen kanssa ja näistä tuloksista laskettiin annossäästöt.

Dauer ym. (2007) käyttivät tutkimuksessaan General Electricin 16-leikkeistä TT-laitetta ja kuvauskohteena oli fantomi josta annokset mitattiin

ionisaatiokammiolla. Annoksia he mittasivat sironneessa ja suorassa säteilyssä. Sironneen säteilyn osalta tutkimuksena käytettiin vatsan ja suorassa säteilyssä lantion TT-tutkimusta. Molemmissa tilanteissa mittaukset suoritettiin ilman suojausta ja suojauksen kanssa. Näistä tuloksista laskettiin annossäästöt.

Hohlin ym. (2005) käytössä oli Siemensin 16 leikkeinen TT-laite. Tutkimuskohteena oli 66 miespotilasta ja heille suoritettiin vatsan- ja lantionalueen TT-tutkimus. 32 kuvattiin ilman suojausta ja 34 suojauksen kanssa. Tutkimuksista aiheutuneet sädeannokset mitattiin termoloistedosimetreillä. Dosimetri aseteltiin kivespussin päälle mahdollisimman lähelle toista kivistä. Mahdollinen suojaus aseteltiin tämän jälkeen. Näistä mittauksista laskettiin suojauksella saavutettavissa oleva annossäästö.

9 LUOTETTAVUUS JA EETTISYYS

Tutkimuseettinen neuvottelukunta on yhteistyössä suomalaisen tiedeyhteisön kanssa laatinut Opetus- ja kulttuuriministeriön toimesta suomalaiselle tiedeyhteisölle tutkimuseettiset ohjeet. Vastuu hyvän tieteellisen käytännön seuramisesta on ensisijaisesti tutkijalla itsellään. Sen noudattaminen antaa edellytykset tutkimuksen hyväksyttävyydelle. Samalla luodaan pohja tutkimuksen luotettavuuden ja tulosten totuudenmukaisuudelle. (Suomen Akatemia 2003, Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2013)

Luotettavan tutkimuksen mukaisesti opinnäytetyö on suunniteltu huolellisesti ja suunnitelmaa on seurattu. Eri vaiheet on raportoitu rehellisesti ja käytetty tiedonhakumenetelmä on hyvän tutkimuskäytännön mukainen. Tiedonhakujen sekä tulosten dokumentointi ja esittely mahdollistaa niiden uusimisen ja tarkastamisen. Tarkka dokumentointi lisää työn luotettavuutta. Hakutulosten läpikäyminen vähintään kahden henkilön toimesta parantaisi todennäköisyyttä, että kaikki relevantit tutkimukset tulevat valituksi kirjallisuuskatsaukseen. Koska opinnäyte on yhden henkilön tekemä, huomioidaan sen laskevan tutkimuksen luotettavuutta. (Higgins & Green, 73 - 74)

Valittaessa tutkimusartikkeleita on ensimmäinen rajausta tehty lukemalla artikkelien otsikot ja tiivistelmät. Mukaan on otettu kaikki artikkelit joita ei ole voitu rajata suoraan pois otsikon ja tiivistelmän pohjalta. Tämä parantaa tutkimuksen luotettavuutta, sillä rajattaessa jokin tutkimus pois on erittäin epätodennäköistä, että siihen enää palataan. Tutkimusartikkelien lopullinen valinta kirjallisuuskatsaukseen on tehty vasta artikkelin koko tekstin lukemisen jälkeen ja näin on parannettu luotettavuutta. Tutkimusartikkelien keskinäistä validiteettia ei ole tarkasteltu vaan kaikille on annettu sama painoarvo. Kaikki opinnäytteessä mainitut tutkimustulokset on hyvän tutkimuskäytännön mukaisesti luettu kyseisen tutkimustuloksen saaneen tutkijan / tutkijoiden ansioksi. (Higgins & Green, 74)

Opinnäyttettä varten tehdyn tutkimustyön kannalta on omat hyvät ja huonot puolensa, että tekijä on röntgenhoitajaopiskelija. Opiskelun sekä tietokonetomografiaosastolla tapahtuneen harjoittelun ansiosta ovat säteilyn vaikutukset ja erilaiset TT-tutkimuksen tulleet tutuiksi. Näin opinnäytteen aihe ei ole täysin vieras ja siihen suhtaudutaan tietyllä kriittisyydellä. Laadullisesti kirjallisuuskatsaus ei vastaa ammattimaisen tutkijan tekemää, mutta vastaavasti vältetään eturistiriidat. Kun opinnäytetyön tekijä ei tunne ketään valituksi tulleiden artikkelien tutkijoista, suhtautuu hän kaikkiin yhtä objektiivisesti. Jos opinnäytetyöntekijän kokemattomuus tutkimuksen tekemisestä huomioidaan laatua laskevaksi, voidaan objektiivisuuden laskea parantavan sen luotettavuutta.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Radiologisten tutkimusten lähtökohtana on pitää sädealtistus niin pienenä kuin mahdollista, kuitenkin niin, että kuvan laatu pysyy riittävänä. Tietokonetomografiatutkimuksille on tunnusomaista suhteellisen korkeat potilasannokset, joiden säteilyaltistuksen optimointiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Potilaan sädeannosta on mahdollista laskea erilaisin keinoin, kuten käyttämällä kontaktisuoja. Suurin hyöty näistä saadaan käyttämällä niitä sädeherkkien elinten, kuten kiveksen, suojaamiseen. Riippumatta siitä sijaitsevatko kivekset suoran kuvausalueella vai kohdistuuko niihin vain sironneen säteilyn vaikutus, on niiden suojaus tehtyjen tutkimusten perusteella suositeltavaa sen laskiessa niiden annosta merkittävästi. Kiveksen suojaus siihen tarkoitukseen kehitetyn nimenomaisen kivessuojan avulla on helppoa ja vaivatonta. Tästä syystä suoja tulisi olla käytettävissä jokaisella kuvantamisosastolla ja sen käyttö tulisi olla rutiininomaista.

LÄHTEET

- Ahvenjärvi, L. 2011.: Tietokonetomografia on monivamma- ja tehohoitopotilaiden tutkimisen kulmakivi. *Finnanest*. 44, 286-289. http://www.finnanest.fi/files/ahvenjarvi_tt.pdf
- Clancy, C.; O'Reilly, G.; Brennan, P. & McEntee, M. 2009. Radiography: The effect of patient shield position on gonad dose during lumbar spine radiography 16, 131-135.
- Curtis, J. R. 2010. Radiologic technology: Computed tomography shielding methods: a literature review 81, 428-436.
- Dauer, L. T.; Casciotta, K. A.; Erdi, Y. E. & Rothenburg, L. N. 2007. BMC medical imaging: Radiation dose reduction at a price: the effectiveness of male gonadal shield during helical CT scans 7.
- Doolan, A.; Brennan, P.; Rainford, L. & Healy, J. 2003. Radiography: Gonad protection for the antero-posterior projection of the pelvis in diagnostic radiography in Dublin hospitals 10, 15-21.
- Duodecim. 2013. Lääketieteen sanasto. Viitattu 12.4.2013. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_osio=&p_teos=ltt
- Fawcett, S. L. & Barter, S. J. 2009. The british journal of radiology: The use of gonad shielding in paediatric hip and pelvis radiographs 82, 363-370.
- Grobe, H., Sommer, M., Koch, A., Hietschold, V., Henniger, J. & Abolmaani, N. 2009. European radiology: Dose reduction in computed tomography: the effect of eye and testicle shielding on radiation dose measured in patients with beryllium oxide-based optically stimulated luminescence dosimetry 19, 1156-1160.
- Havukainen, R.; Ikäheimonen, T.K.; Kosunen, A; Markkanen, M; Mustonen, R.; Paile, W. & Sjöblom, K-L. 2007. Säteilysuojelun perussuosituksen 2007. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-103. STUK. Saatavissa myös http://stuk.fi/stuk/tiedotteet/2008/fi_FI/news_513/files/80696295703642947/default/sateilysuojelun_perussuositus_2007_icrp103_suom_lyhennelma.pdf.
- Higgins, J. & Green, S. 2006. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions 4.2.6. Viitattu 15.4.2013. <http://www.cochrane.org/sites/default/files/uploads/Handbook4.2.6Sep2006.pdf>
- Hohl, C.; Mahnken, A. H.; Klotz, E.; Das, M.; Stargard, A.; Müclenbruch, G.; Schmidt, T.; Günther, R. W. & Wildberger, J. E. 2005. American journal of roentgenology: Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: The effectiveness of a lead shield 184, 128-130.
- Hollenhorst, H.; Schaffer, M.; Romano, M.; Reiner, M.; Siefert, A.; Schaffer, P.; Quanz, A. & Dühmke, E. 2004. Medical dosimetry: Optimized radiation of pelvic volumes in the clinical setting by using a novel bellyboard with integrated gonadal shielding 29, 173-178.
- Iball, G. R. & Brettell, D. S. 2011. The british journal of radiology: Organ and effective dose reduction in adult chest CT using abdominal lead shielding 84, 1020-1026.
- Jackson, G. & Brennan, P. C. 2006. Radiation protection dosimetry: Radio-protective aprons during radiological examinations of the thorax: an optimum strategy 121, 391-394.

Jartti, A., Lantto, E., Rinta-Kiikka, I. & Vuorte, J., 2012. Vatsan TT-tutkimukset – suositukset omien kuvauskäytäntöjen kehittämiseen. Viitattu 25.3.2012.
http://www.sry.fi/file.php?557#_Toc315627944

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset – huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa: Johansson, K.; Axelin, A.; Stolt, M. & Ääri, R-L. 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: Digipaino – Turun Yliopisto.

Johansson, K.; Axelin, A.; Stolt, M. & Ääri, R-L. 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: Digipaino – Turun Yliopisto.

Jurvelin, J. S. 2005. Aineen ja energian vuorovaikutukset. Teoksessa: Soimakallio, S.; Kivisaari, L.; Manninen, H.; Svedström, E. & Termonen, O. (toim.) Radiologia. 1. painos. 2005. Porvoo: WSOY.

Jurvelin, J. S. 2005. Radiologiset kuvantamismenetelmät. Teoksessa: Soimakallio, S.; Kivisaari, L.; Manninen, H.; Svedström, E. & Termonen, O. (toim.) Radiologia. 1. painos. 2005. Porvoo: WSOY.

Järvinen, H. 2011. Tutkimusmäärät ja potilasannokset. Helsinki 2011. Viitattu 10.12.2012.
http://www.stuk.fi/proinfo/koulutus/fi_FI/RD2011/files/85333077717289239/default/PP-esitys-Jarvinen.pdf

Kellokumpu-Lehtinen, P.; Mäenpää, H. & Blomqvist, C. 2002. Kivessyöpä. Teoksessa: Joensuu, H.; Kouri, M.; Tenhunen, M. & Lyly, T. (toim.) Kliininen sädehoito. 1. painos. 2002. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Leino-Kilpi, H. 2007. Kirjallisuuskatsaus – tärkeää tiedon siirtoa. Teoksessa: Johansson, K.; Axelin, A.; Stolt, M. & Ääri, R-L. 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: Digipaino – Turun Yliopisto.

Liakos, P.; Schoenecker, P. L.; Lyons, D. & Gordon, J. E. 2001. Journal of pediatric orthopaedics: Evaluation of the efficacy of pelvic shielding in preadolescent girls 21, 433-435.

Mazonakis, M.; Damilakis, J.; Varveris, H. & Gourtsoyiannis, N. 2006. Acta oncologica: Radiation dose to laterally transposed ovaries during external radiotherapy for cervical cancer 45, 702-707.

McCarty, M.; Waugh, R.; McCallum, H.; Montgomery, R. J. & Aszkenasy, O. M. 2001. Pediatric radiology: Paediatric pelvic imaging: improvement in gonad shield placement by multidisciplinary audit 31, 646-649.

Mustonen, R. & Salo, A. 2002. Säteily ja solu. Teoksessa: Paile W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. 2002. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino.

Nienstedt, W.; Hänninen, O.; Arstila, A. & Björkqvist, S-E. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15.-26. painos. 2006. Helsinki: WSOY.

Ott, B.; Stüssi, A. & Mini, R. 2010. Radiation protection dosimetry: Effectiveness of protective patient equipment for CT: an anthropomorphic phantom study 142, 213-221.

Paile, W. 2002a. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. Teoksessa: Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. 2002. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino.

Paile, W. 2002b. Säteily ja raskaus. Teoksessa: Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. 2002. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino.

Paile, W. 2002c. IRCP:n näkemys säteilyn riskeistä ja suojeluperiaatteista. Teoksessa: Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. 2002. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino.

Paile, W. 2005. Säteilyn biologiset vaikutukset. Teoksessa: Soimakallio, S.; Kivisaari, L.; Manninen, H.; Svedström, E. & Termonen, O. (toim.) Radiologia. 1. painos. 2005. Porvoo: WSOY.

Pukkila, O. 2004. Säteilytoiminnan säännökset. Teoksessa: Pukkila, O. (toim.) Säteilyn käyttö. 2004. Hämeenlinna: Karisto OY:n kirjapaino.

Salomaa, S. 2002. Säteilyn geneettiset vaikutukset. Teoksessa: Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. 2002. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino.

Servomaa, K. & Rytömaa, T. 1997. Säteilyvaikutusten molekyylibiologinen perusta. Teoksessa: Lahtinen, T. & Holsti, L. (toim.) Kliininen säteilybiologia. 1. painos. 1997. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Sikand, M.; Stinchcombe, S. & Livesley, P. J. 2003. Annals of the royal college of surgeons of England: Study on the use of gonadal shields during paediatric pelvic x-rays 85, 422-425.

Soimakallio, S.; Kivisaari, L.; Manninen, H.; Svedström, E. & Termonen, O. (toim.) Radiologia. 1. painos. 2005. Porvoo: WSOY.

Suomen Akatemia. 2003. Tutkimuseettiset ohjeet. Lainattu 10.4.2013. <http://193.167.96.163/Tiedostot/Tiedostot/Julkaisut/Suomen%20Akatemian%20eettiset%20ohjeet%202003.pdf>

Suomen röntgenhoitajaliitto ry. 2000. Röntgenhoitajan eettiset ohjeet.

Säteilyturvakeskus 2006. Karppinen, J. & Järvinen, H. Tietokonetomografialaitteiden käytön optimointi. Helsinki 2006. Viitattu 24.3.2013. <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-a/stuk-a220.pdf>

Säteilyturvakeskus 2007a. Nieminen, K. TT-tutkimusten efektiivinen annos. Julkaisusta: Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2007. Helsinki 2007. Viitattu 24.3.2013. <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-c/stuk-c6.pdf>

Säteilyturvakeskus 2007b. Mitä on säteily? Helsinki 2007. Viitattu 11.11.2011. http://www.stuk.fi/sateilytietoa/mitaonsateily/fi_FI/mitaonsateily/

Säteilyturvakeskus 2009a. Sanasto. Helsinki 2009. Viitattu 3.12.2012 http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sanasto/fi_FI/sanasto4/_print/

Säteilyturvakeskus 2009b. Potilaan säteilyturvallisuus on varmistettava. Julkaisusta: Potilassuojainten käyttö röntgentutkimuksissa, Säteilyturvakeskuksen katsaus 1995. Päivitetty 2.7.2009. Viitattu 3.1.2012. http://www.stuk.fi/proinfo/muuta_tietoa/julkaisuja/potilassuojaimet/fi_FI/potilaan-turvallisuus_1/

Säteilyturvakeskus 2009c. ST-ohje 1.6 Säteilyturvallisuus työpaikalla. Helsinki 2009. Viitattu 4.2.2013. <http://www.finlex.fi/data/normit/5773-ST1-6.pdf>

Säteilyturvakeskus 2009d. Lantion alueen tutkimuksissa suojattava suk rauhasia. Julkaisusta: Potilassuojainten käyttö röntgentutkimuksissa, Säteilyturvakeskuksen katsaus 1995. Päivitetty 2.7.2009. Viitattu 3.1.2012. http://www.stuk.fi/proinfo/muuta_tietoa/julkaisuja/potilassuojaimet/fi_FI/sukrauhaset/

Säteilyturvakeskus 2009e. Suurin hyöty säteilyherkkien elinten suojelusta. Julkaisusta: Potilassuojainten käyttö röntgentutkimuksissa, Säteilyturvakeskuksen katsaus 1995. Päivitetty

Säteilyturvakeskus 2009f. Potilassuojainten käyttö röntgentutkimuksissa, Säteilyturvakeskuksen katsaus 1995. Päivitetty 2.7.2009. Viitattu 4.2.2013. http://www.stuk.fi/proinfo/muuta_tietoa/julkaisuja/potilassuojaimet/fi_FI/potilassuojaimet/

- 2.7.2009. Viitattu 3.1.2012.
http://www.stuk.fi/proinfo/muuta_tietoa/julkaisuja/potilassuojaimet/fi_FI/sateilyherkat-elimet/
- Säteilyturvakeskus 2010a. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2008. Helsinki 2010. Viitattu 3.1.2013.
http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2010/fi_FI/news_598/files/83759228498675316/default/stuk-b121.pdf
- Säteilyturvakeskus 2010b. Ionisoiva säteily. Helsinki 2010. Viitattu 11.11.2011.
http://www.stuk.fi/sateilytietoa/mitaonsateily/fi_FI/ionisoiva/
- Säteilyturvakeskus 2011a. Sanasto. Helsinki 2011. Viitattu 12.4.2013.
http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sanasto/fi_FI/sanasto1/
- Säteilyturvakeskus 2011b. Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Helsinki 2011. Viitattu 02.01.2013.
http://www.stuk.fi/julkaisut/maaraykset/tiivistelmat/b_sarja/fi_FI/stuk-b131/files/85650577522820247/default/stuk-b131-nettiin.pdf
- Säteilyturvakeskus 2011c. TT-annokset – missä ollaan ja miten on tähän tultu. Helsinki 2011. Viitattu 4.1.2012.
<http://www.sadeturvapaivat.fi/file.php?517>
- Säteilyturvakeskus 2012a. Esimerkkejä säteilyannoksista. Helsinki 2012. Viitattu 3.1.2013.
http://www.stuk.fi/sateilyvaara/fi_FI/esim_annos/
- Säteilyturvakeskus 2012b. TT-tutkimusten yleistymisen huolestuttaa pohjoismaisia säteilyturvallisuusviranomaisia. Viitattu 25.3.2013.
http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/fi_FI/news_709/print/
- Suomen Syöpärekisteri, www.syoparekisteri.fi, päivitetty 21.10.2011.
<http://stats.cancerregistry.fi/stats/fin/vfin0020i0.html>, viitattu 10.11.2011.
- Syöpäjärjestöt, <http://www.cancer.fi/tietoasyovasta/syopataudit/munasarjasyopa/>, viitattu 11.11.2011.
- Säteilylaki 592/1991, muutos 1142/1998. (, luku 10). Viitattu 8.11.2011
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910592>
- Tapiovaara, M.; Pukkila, O. & Miettinen, A. 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa: Pukkila, O. (toim.) Säteilyn käyttö. 2004. Hämeenlinna: Karisto OY:n kirjapaino.
- Tenkanen-Rautakoski, P., 2010. ALARA: Yhä harvempi suomalainen röntgenkuvataan 3, 12-13.
- Theocharopoulos, N.; Damilakis, J.; Perisinakis, K.; Manios, E.; Vardas, P. & Gourtsoyiannis, N. 2006. The british journal of radiology: Occupational exposure in the electrophysiology laboratory: quantifying and minimizing radiation burden 79, 644-651.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Lainattu 8.4.2013.
http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_verkkoversio040413.pdf.pdf#overlay-context=fi/ohjeet-ja-julkaisut
- Vorwerk, H.; Hermann, R. M.; Christiansen, H.; Liersch, T.; Hess, C. F. & Weiss, E. 2007. Radiotherapy and oncology: A special device (double-hole belly board) and optimal radiation technique to reduce testicular radiation exposure in radiotherapy of rectal cancer 84, 320-327.
- Wainwright, A. M. 2000. The royal college of surgeons of England: Shielding reproductive organs of orthopaedic patients during pelvic radiography 82, 318-321.

